

John Deere 7290R, potencia y adaptabilidad a la luz de los leds

El 10 de enero, cuando se cumplía justo un año del ensayo del John Deere 6190R, volvimos a Olías del Rey (Toledo), para trabajar en la misma comarca con su recién llegado hermano mayor, el John Deere 7290R, que también dispone de recirculación externa refrigerada de gases de escape, e incorpora la nueva transmisión e23

y un novedoso conjunto de iluminación led de 360 grados. En este ensayo se ha trabajado con un cultivador de 6 m de anchura útil labrando a una profundidad media de 8 cm y se ha efectuado un transporte con remolque de 19.680 kg, comparando el modo de cambio manual y la gestión automática de la transmisión.

B. Diezma, C. Valero, A. Moya y M. Garrido.

LPF_TAGRALIA, CEI_Moncloa.

La gama 7R incorpora nuevos motores y ofrece cinco modelos con potencias nominales desde los 210 hasta los 290 CV, sólo-diesel y cumpliendo con

la normativa de emisiones Fase IIIB. Mediante la gestión inteligente de potencia (GIP), ésta puede verse incrementada en 22 CV adicionales para el 7290R cuando se llevan a cabo labores de transporte o con tdf. Otra de las mejoras en la serie 7R viene dada por el rediseño del conjunto de refrigeración (**foto 1**) que incrementa la capacidad en un 15% y reduce la potencia necesaria para su operación y el ruido generado, lo que se traduce en

un ahorro de combustible y un mayor confort en la cabina, según la compañía.

Una de las novedades que incorpora el tractor ensayado es la nueva transmisión e23. Esta transmisión, equipada con el sistema *Efficiency Manager* permite la gestión electrónica de motor y transmisión para el ahorro de combustible. La nueva transmisión e23, es totalmente mecánica y con veintitrés marchas hacia delante y once hacia atrás.





Foto 1. La refrigeración ha sido rediseñada, aspirando ahora aire con un gran ventilador tras los radiadores, que redirige el flujo hacia el motor y sale por el costado derecho del capó. Se observa el amplio espacio existente entre los radiadores y el ventilador. **Foto 2 (derecha).** La nueva consola CommandArm.

Otro de los aspectos mejorados es la nueva consola *CommandArm* (**foto 2**), de serie en todos los tractores de la serie 7R y con una distribución de botones más ergonómica. La cabina también incorpora mejoras como el asiento con giro de 40° y respaldo extendido, distintos sistemas de suspensión (asiento activo, suspensión de cabina o de eje delantero), cristales laminados o un conjunto de iluminación led de 360°.

Esta nueva transmisión ofrece veintitrés marchas con un espaciado similar y con cambio asistido. Cada cambio de marcha hacia adelante aumenta la velocidad del tractor en un 15%. Para adaptarse con precisión a las condiciones de trabajo y a los aperos utilizados, la transmisión e23 ofrece catorce marchas entre 2,5 y 16 km/h. En las once marchas hacia atrás se produce una variación del 30% de velocidad en cada cambio.

Dependiendo del trabajo, la transmisión puede funcionar en tres modos diferentes, tratando de optimizar la eficiencia energética y el control de la carga: manual, automático y personalizado, estando disponible opcionalmente un inversor con mando en el lado izquierdo. En el modo manual el operador selecciona la posición del acelerador y la marcha. El modo automático ajusta el régimen del motor y la marcha para optimizar el consumo de combustible, respondiendo a las cargas generadas durante el trabajo; en las labores que requieren toma de fuerza, la velocidad del motor se controla automáticamente para proporcionar el régimen adecuado en la toma de fuerza. El modo personalizado responde a las mismas estrategias que el automático pero permite que el usuario modifique algunos de los lími-

CUADRO I. Especificaciones técnicas del tractor John Deere 7290R.

Motor	
Tipo	Diésel, 6 cilindros en línea, camisas húmedas con 4 válvulas por cilindro
Potencia nominal a 2.100 r/min (97/68EC), CV (kW)	290 (213,3)
(ECE-R24), CV (kW)	278 (204,8)
Potencia máxima a 1.900 r/min (97/68EC), CV (kW)	319 (234,6)
(ECE-R24), CV (kW)	306 (225,2)
Potencia nominal con GIP a 2.100 r/min (97/68/CE), CV (kW)	312 (229,6)
Potencia máxima con GIP a 1.900 r/min (97/68/CE), CV (kW)	323 (237,6)
(ECE-R24), CV (kW)	310 (228,1)
Cilindrada (l)	9
Régimen nominal (r/min)	2.100
Control inteligente de potencia (GIP) (potencia extra), CV	22
Aumento de par de la tdf (%)	35
Par máximo del motor (Nm) (40% a 1.600 rpm)	1.305
Par máximo (Nm) de la tdf (nominal)	1.104
Gama de potencia constante (r/min)	1.550-2.100
Filtro de aire del motor	Etapas doble
Aspiración	Un turbocompresor, de geometría variable
Sistema de inyección y control	Common rail de alta presión con regulación electrónica y bomba de cebado eléctrica
Tipo transmisión	PowerShift e23, 40 km/h
Velocidad de la tdf a r/min del motor	540/1.000 r/min de la tdf a 1.950 r/min del motor) (540E/1.000E r/min de la tdf a 1.750 r/min del motor)
Capacidad de elevación máxima tripuntal trasero, categoría 3/3N con extremos de gancho (kg)	9.208 (eje de 110 mm de diámetro)
Capacidad de elevación estándar tripuntal delantero, categoría 3N, (kg)	5.200 kg
Ejes	
Tipo de suspensión	Suspensión multipunto Plus (TLS+)
Equipamiento de ruedas traseras	Neumáticos del grupo 47/48/49 disponibles como individuales/gemelos
Dimensiones y pesos	
Distancia entre ejes (mm)	2.925
Espacio libre del eje MFWD/TLS - eje 1300, neumáticos 420/85R34 del grupo 43, mm	495
Radio de giro (m)	6,7 - 8,7



Foto 3. Cultivador empleado en el trabajo de laboreo.

tes y parámetros que los tractores incorporan por defecto.

En la serie 7R están disponibles los sistemas de suspensión multipunto del eje delantero (TLS+) y de suspensión hidráulica adaptativa para la cabina (HCS+) que incluye dos cilindros hidráulicos de doble efecto con acumuladores de presión para soportar la parte trasera de la cabina, o el asiento tipo Active Seat.

Las especificaciones técnicas del modelo John Deere 7290R se muestran en el **cuadro I**.

El ensayo de laboreo se ha llevado a cabo en el término municipal de Bargas, en una finca amablemente cedida por su propietario en el paraje de Arroyo Alcalvin (lat 39° 56.1663, long -4° 4.7140). Igualmente, en coordinación con el personal de John Deere, el propietario aportó el cultivador empleado, con un ancho de trabajo de 6 m y equipado con veintisiete brazos dispuestos en tres líneas (**foto 3**). Las rejas, montadas sobre brazos flexibles, eran de tipo recto, vertical, excepto en la pri-

mera fila, que eran de cola de golondrina, para mejorar el efecto sobre el suelo. El dueño había decidido emplear este apero como único sistema de laboreo primario, abandonando el volteo. El cultivador está dotado de rodillos jaula en su parte trasera.

Para el ensayo en transporte se ha empleado un remolque de dos ejes (**foto 4**) con un peso total de 19.680 kg de manera que el peso del conjunto tractor lastrado con un contrapeso frontal de 900 kg más remolque ascendió a 31.840 kg según pesado en báscula.

El tractor monta neumáticos Michelin Axiobib en los ejes delantero (IF 600/70 R30 159D) y trasero (IF 710/70 R42 179D). Durante la prueba las presiones se ajustaron por parte del personal de la marca a 1,8 bar para los neumáticos delanteros y 1,9 bar para los traseros. Si consideramos que la carga máxima sobre el eje delantero es un 40% del peso del tractor (sin transferencia de peso debida al tiro) y sobre el trasero del 80% del peso del tractor (aplicando una transferencia de peso

hasta un nivel razonable para no perder dirección), los pesos máximos por neumático serían de 2.432 kg para los delanteros y de 4.864 kg para los traseros. Atendiendo a la documentación técnica facilitada por Michelin para sus neumáticos Axiobib, la presión de los neumáticos delanteros se podría haber ajustado a 0,8 bar en el caso de la prueba de laboreo y 1,2 bar en el caso del transporte mientras que la presión de los neumáticos traseros debería haberse ajustado a 1,2 bar en la prueba de laboreo y 1,6 bar en la prueba de transporte. El ajuste a la presión recomendada por el fabricante podría haber redundado en una menor compactación del terreno y en un mayor ahorro de combustible durante las pruebas.

Los tractores de la serie 7R pueden incorporar una iluminación compuesta por 22 luces led, que proporciona una iluminación blanca y pretende mejorar la visibilidad y disminuir el contraste y las transiciones de luz entre la cabina y el capó. Este sistema de iluminación (**foto 5**), según la casa, requiere un 45% menos de amperaje que la iluminación convencional. La distribución de las 22 luces permite tener buena visibilidad en los 360° alrededor del tractor.

Instrumentación

Como ya es habitual, el LPF_Tagrafia instrumentó el tractor con varios GPS diferenciales, y la empresa John Deere aportó el soporte técnico para realizar las grabaciones de las diversas centralitas electrónicas o ECUs. La frecuencia de adquisición de datos del GPS fue de 1 Hz (1 dato por segundo), mientras que los datos de motor se grabaron con una frecuencia de 100 Hz. En este ensayo se registraron



Foto 4. El remolque se cargó con cereal hasta casi su peso máximo admitido (20 t).

los siguientes parámetros: régimen del motor (r/min), nivel de apertura de la válvula responsable de la recirculación de gases de escape (EGR, 0-100%), régimen del turbo y posición (%) de las paletas en el turbo de geometría variable, así como consumo instantáneo (l/h).

Los datos registrados con el GPS se han contrastado con registros manuales de tiempo efectuados sobre besanas de 250 m, más largas que las delimitadas en otros ensayos, para ajustar las pasadas necesarias a la forma de la parcela. El número de registros de datos de motor empleados para calcular los promedios en cada modo de trabajo (manual, automático y personalizado, como se detallará posteriormente) supera los 10.000 puntos.

Ensayos de campo

En este ensayo de campo se ha realizado un laboreo vertical (profundidad media de 8 cm) con un cultivador de 6 m de ancho útil de trabajo, sobre un suelo con rastrojo de cereal que tras las lluvias de las jornadas previas mostraba una consistencia friable, muy cercana al límite plástico. La parcela presentaba fuertes ondulaciones, típicas de la zona, de hasta 10 m de desnivel, lo cual permite apreciar mejor el comportamiento de la transmisión para diferentes valores de carga (**foto 6**). El tractor se encontraba lastrado con contrapesos delanteros de 900 kg y traseros de 280 kg por rueda.

Se trabajó en modo manual, en modo de cambio automático y en modo personalizado. En este último modo, el sistema gestiona la transmisión automáticamente considerando los parámetros definidos por el usuario: el mí-



Foto 5. Detalles de la iluminación led.

nimo régimen al que se permite que llegue el motor en condiciones de baja carga, y el porcentaje de variación del régimen que se ha de alcanzar en condiciones de carga antes de cambiar de marcha. Esta posibilidad de trabajo persigue extraer las máximas capacidades del tractor y minimizar su consumo en condiciones de trabajo bien conocidas por el usuario. La casa recomienda a sus clientes empezar a utilizar los tractores 7R en modo automático y tras adquirir suficiente experiencia en su uso pasar al modo personalizado ajustando

los parámetros que este modo permite.

Para la caracterización del suelo se llevó a cabo un muestreo en cruz de una superficie aproximada de 36 x 250 m². Los resultados obtenidos muestran un valor medio de índice de cono en las 8 primeras pulgadas del terreno de 3,74 kg/cm² (con una desviación típica de 1,53 kg/cm²). El contenido en humedad de los primeros 5 cm de suelo se situó en un valor medio de 10,8%, con valores entre 14,9% (en las zonas de vaguada) y 4,9% (en las zonas altas). La densidad aparente media (tras secado en estufa a 105°C) fue de 1,15 g/cm³.

El modo de trabajo manual consistió en el mantenimiento de la velocidad a un valor prefijado de 10 km/h, ajustando la marcha a las exigencias del terreno según el criterio del operador. En el modo de trabajo automático se fijó también la velocidad de trabajo de 10 km/h. Y en el modo personalizado se estableció un régimen mínimo en condiciones de mínima carga de 1.200 r/min, y un porcentaje de caída del régimen del motor en condiciones de carga del 14% para que actuara el cambio automático.

La **figura 1** (arriba) muestra la superposición de la señal del GPS sobre ortofotos, observándose que la labor se lleva a cabo con mayor regularidad en las trayectorias en las que se emplea el cambio automático. La parte inferior de la **figura 1** muestra el perfil altimétrico de las pasadas realizadas, una sucesión de pendientes ascendentes y descendentes con desniveles superiores al 5%.

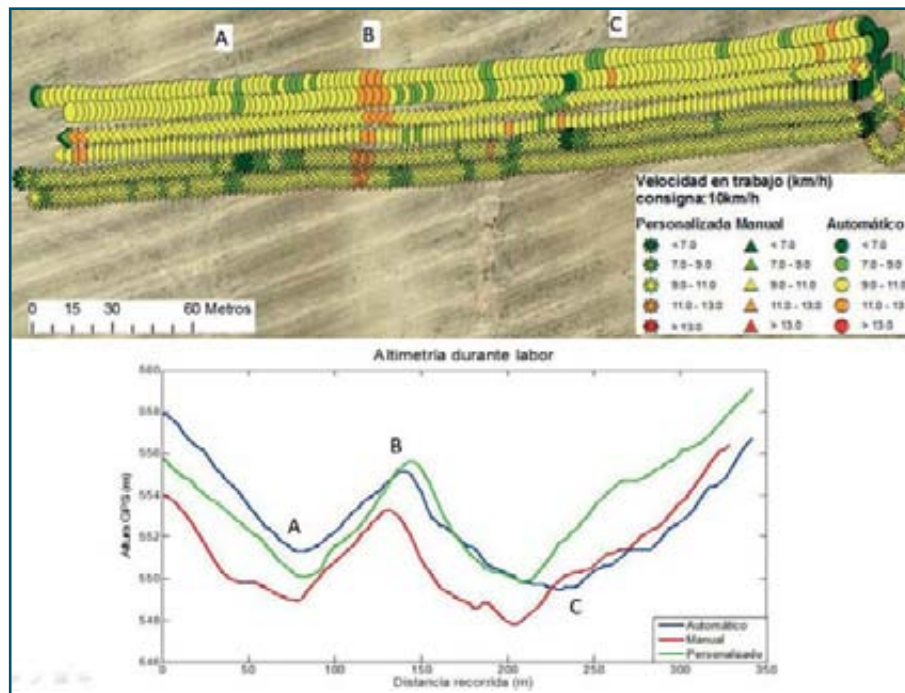
El **cuadro II** resume los valores de velocidad prefijada (km/h), velocidad real (km/h), desviación respecto al valor deseado (%), ca-



Foto 6 (Izda). Vista del John Deere 7290R trabajando en la parcela de rastrojo de cereal. Se aprecia el desnivel de la trayectoria seguida. (Drcha) Primer plano de la labor con cultivador.

Figura 1

Trayectorias y velocidades (arriba) y altimetría (abajo) de las pasadas de cultivador en modo automático (triángulos), manual (círculos) y personalizado (estrellas).

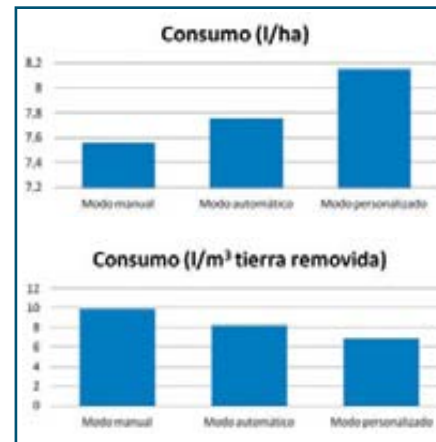


pacidad de trabajo teórica (ha/h, sin considerar virajes) y profundidad de trabajo para los distintos modos de ensayo. Se observa que la

profundidad de trabajo resultó ser mayor en las pasadas realizadas en modo automático y en modo personalizado, lo que quizá sea con-

Figura 2

Consumos de combustible durante la prueba de laboreo.



secuencia de la heterogeneidad del contenido en humedad del suelo en la superficie de la parcela.

El **cuadro III** resume las condiciones de funcionamiento del motor en el trabajo con cultivador, indicándose el nivel de significación de las diferencias evaluadas con un análisis de varianza. Se observa que tanto en modo automático como personalizado el tractor trabaja a menos régimen (cercano a 1.500 r/min). Hay mayor recirculación de gases de escape en modo manual en regímenes altos, sin llegar al 100% de régimen. También el comportamiento del turbo de geometría variable es lógico, pues a bajas vueltas del motor, la posición de los álabes del turbo se modifica en mayor grado para conseguir un mejor par.

La **figura 2** muestra el consumo superficial (l/ha) de combustible en los diferentes modos de trabajo. Se observa una disminución de aproximadamente el 7% en el modo manual, con respecto al modo personalizado. Sin embargo, si se consideran las profundidades medias de cada pasada, recordando que es en las trayectorias en modo personalizado en las que se alcanzan mayores profundidades, y se computa el consumo en función del volumen de tierra removida, la tendencia se revierte y se constata que el menor consumo se registra en el modo personalizado. En el modo automático se produce una disminución de 16% respecto al modo manual, y análogamente un 30% en el modo personalizado. Hay que hacer notar que antes de llegar a realizar las pasadas en modo personalizado con

CUADRO II. Valores medios de velocidades, capacidades de trabajo y profundidades para el trabajo con cultivador en los diferentes modos del ensayo.

	Vt (km/h)	Vr (Km/h)	Desviación (%)	au (m)	St (ha/h)	Profundidad (cm)
Manual_ida	10	8,33	16,67	6	5	6,1
Manual_vuelta	10	8,57	14,29	6	5,14	
Automático_ida	10	8,11	18,92	6	4,86	7,4
Automático_vuelta	10	8,33	16,67	6	5	
Personalizado_ida	10	7,76	22,41	6	4,66	9,5
Personalizado_vuelta	10	8,41	15,89	6	5,05	

CUADRO III. Parámetros de funcionamiento del motor durante la prueba con cultivador.

	Régimen motor (r/min)	Posición válvula recirculación EGR (%)	Posición álabes turbocompresor variable (%)
Manual	1.929	70	38
Automático	1.567	59	39
Personalizado	1.518	50	45
Nivel de significación	**	**	**
F de Fisher	13.442	6.714	2.384

Figura 3

Régimen del motor frente a consumo horario para los distintos modos de funcionamiento.

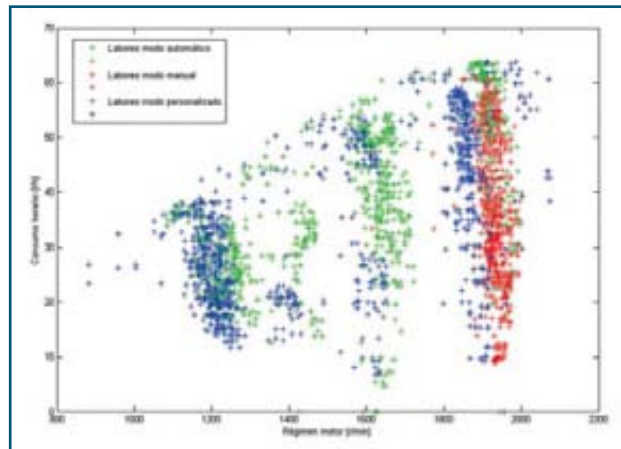
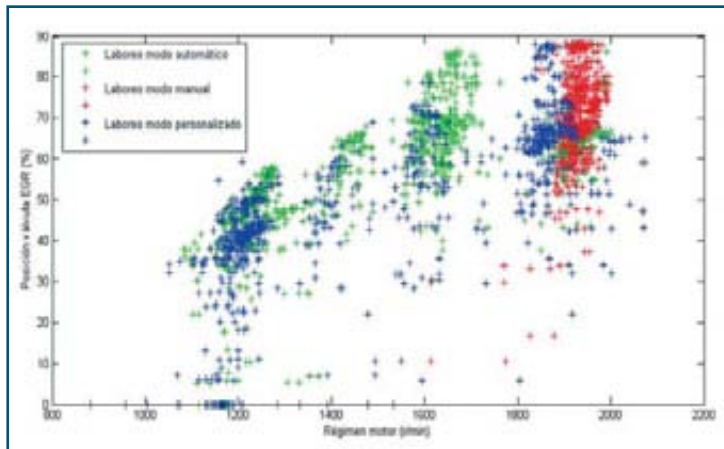


Figura 4

Régimen del motor frente a posición de la válvula EGR para los distintos modos de funcionamiento.

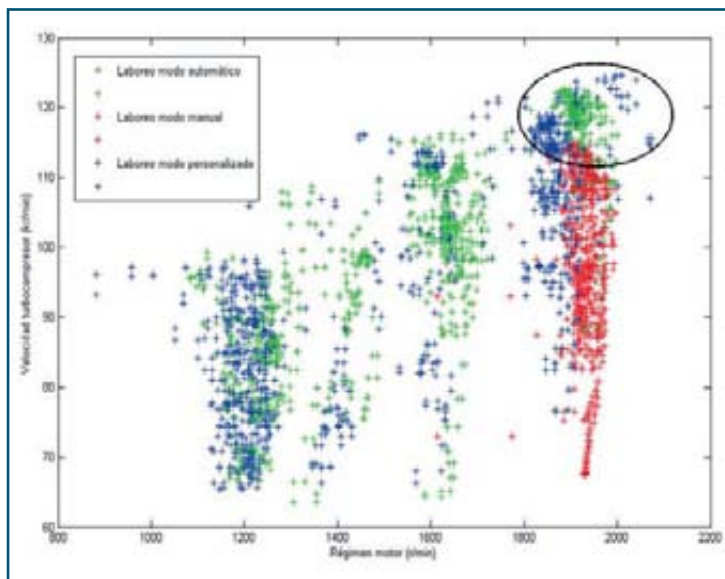


los parámetros que se han mencionado, se realizaron otras pasadas en las que el mínimo régimen de funcionamiento del motor era demasiado bajo (900 r/min) e impedía que el motor se recuperara para salvar la pendiente ascendente que se presentaba. Es decir, que sacar provecho del modo personalizado requiere poner en práctica la experiencia y el buen hacer del operario, así como conocer bien las condiciones de trabajo de cada parcela y de cada labor.

La **figura 3** muestra la representación del régimen del motor con el consumo horario de combustible. En el modo manual se mantiene prácticamente constante el régimen del motor en valores altos, mostrando una gran dispersión del consumo horario. Mientras que en los modos automático y personalizado se pueden identificar fácilmente cuatro regiones (cambios automáticos de marcha) a lo largo del rango de regímenes de motor, situándose a menores regímenes en cada zona el modo personalizado, lo que nos indica que el modo automático permite una menor caída del régimen antes de realizar un cambio de marcha. La mayor densidad de registros para el modo automático se verifica en

Figura 5

Régimen del motor frente a velocidad del turbocompresor.



el centro de la gráfica, régimen que podría corresponder al punto de menor consumo específico de este motor.

La **figura 4** muestra otro parámetro característico de los motores con recirculación de los gases de escape (EGR), el nivel de apertura de la válvula que regula dicha recirculación. En general, se observa un aumento en la apertura de la válvula EGR con el aumento del régimen de motor. Como se ha indicado en trabajos anteriores, cuando el motor no está al 100% de carga, el sistema se puede permitir

una mayor recirculación para garantizar unos niveles de emisión de óxidos de nitrógeno mínimos (valores de apertura de EGR por encima del 60%), situación que se presenta en este trabajo mayoritariamente en el modo de conducción manual.

En la **figura 5** se muestra el comportamiento del turbocompresor en los tres modos de trabajo. Se observa básicamente el mismo patrón: en modo manual el operario tiende a mantener el equipo a un régimen alto y fijo, mientras que los modos automático y personalizado son capaces de modular los sistemas del motor para adaptarse a las necesidades de carga. Sin embargo es interesante que la velocidad de giro del turbo llega a mayores valores en los modos automático-personalizado para altos regímenes del motor, lo cual hace

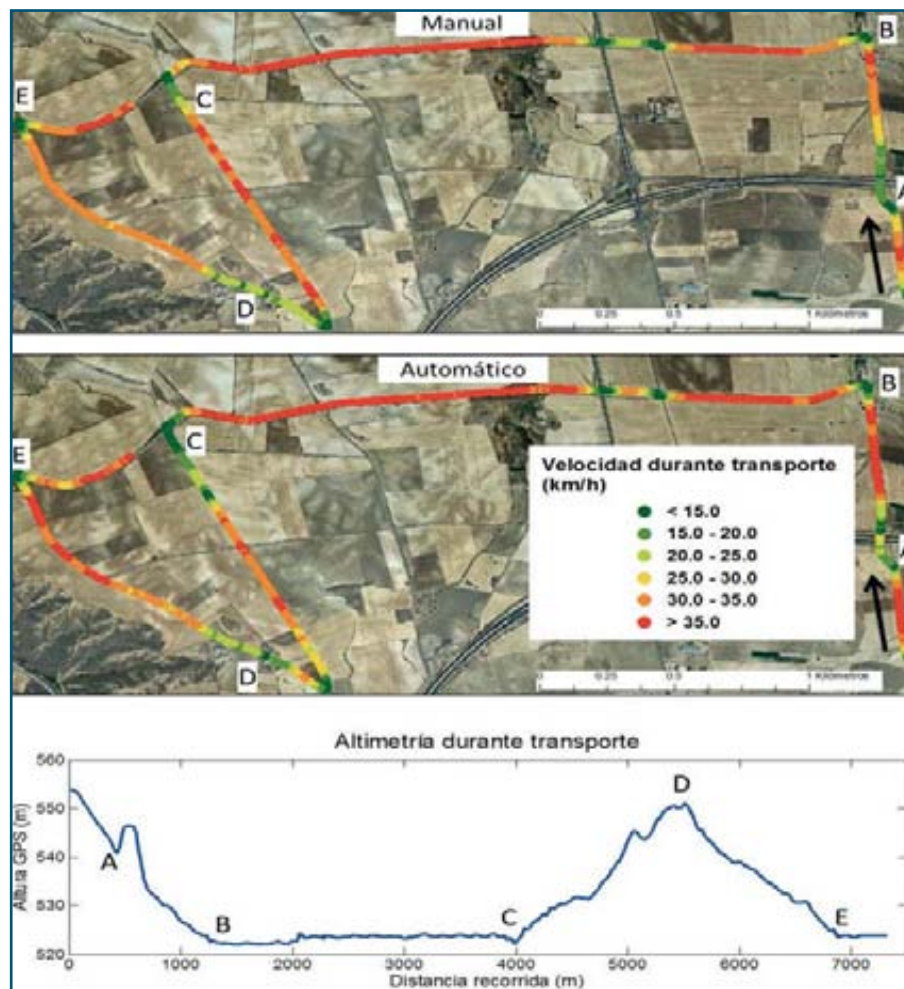
pensar que el motor está aprovechando mejor la “potencia extra” (compresión de aire) aportada por el turbocompresor.

Ensayos en transporte

La **figura 6** muestra el trayecto completo de 11,45 km (más de 27 minutos) y la altimetría correspondiente al transporte con remolque cargado (31.840 kg del conjunto pesado en báscula, 19.680 kg correspondientes a la tara del remolque y su carga). Se repitió el

Figura 6

Trayecto y velocidades durante la prueba de transporte en modo manual (arriba) y automático (abajo). El desnivel durante el trayecto superó los 30 m.



mismo trayecto en modo manual y en modo automático, tratando de mantener una velocidad de 30 km/h. En la representación se observa que la mayor parte del recorrido en ambos modos de conducción se alcanzan velocidades similares.

El **cuadro IV** muestra los valores medios de velocidad y consumo en el transporte completo. Una vez más, destaca el ahorro de combustible que supone trabajar en modo de transmisión automático en labores de transporte, dado que verificamos valores del 12% de ahorro como se refleja en los datos del cuadro.

En lo que respecta a la comparación de la gestión de motor en el modo automático respecto al manual se presenta la **figura 7**. Ésta muestra en rojo los puntos de funcionamiento en el modo manual, mientras que en verde aparecen los puntos correspondientes al modo automático. Se sigue observando, al igual que en figuras anteriores, que en modo manual se tiende a regímenes altos, mientras que en modo automático la gama de puntos de funcionamiento es mucho más amplia. Se indican con líneas de trazos algunos de los cambios de marcha efectuados a lo largo del trayecto.

Análisis del sistema de iluminación

Para la evaluación del nuevo sistema de iluminación con lámparas led, se realizó una prueba en las instalaciones del Centro de Formación de John Deere en Parla. Se midió la in-



Foto 7. Vista del tractor con la iluminación led activada al finalizar el ensayo de transporte (izquierda). Medición de la intensidad lumínica alrededor del tractor con luxómetro (derecha).

tensidad alrededor del modelo 7290R equipado con leds y de otro tractor 7R equipado con iluminación convencional. En la **figura 8** se muestra el mapa resultado de la interpolación de la intensidad de iluminación medida con un luxómetro alrededor del tractor en radios crecientes de hasta 25 metros (**foto 7**). Se puede observar que la intensidad de iluminación punta es ligeramente superior en el modelo dotado con sistema convencional; en el primero se alcanza un valor de 131 lux en la parte trasera a 3 m de distancia del extremo posterior del tractor, mientras que el valor máximo de intensidad lumínica del tractor con leds es de 117 lux también en la zona posterior. Sin embargo, se aprecia fácilmente que la superficie con niveles de luz superiores a 16 lux es significativamente mayor en el modelo equipado con el sistema de leds (en la **figura 8** se marcan las líneas de 16 y 20 lux para el modelo con leds y con iluminación halógena respectivamente).

Quizá resulte de utilidad indicar algunas recomendaciones sobre los niveles de ilumi-

CUADRO IV. Valores medios de velocidad y consumo por modo de transmisión durante la prueba de transporte.

	Vt (km/h)	Vr (Km/h)	Consumo (l/h)	Consumo (l/km)
Modo manual	30	25,4	21,03	0,83
Modo automático	30	24,92	18,3	0,73

nación que se consideran adecuados en diferentes contextos y localizaciones; por ejemplo el nivel general aconsejado para la iluminación de una habitación es de 100 lux, y en lo que respecta a exteriores, para la iluminación de una plaza o una avenida se recomiendan intensidades de 15 a 20

Figura 7

Régimen del motor frente a consumo horario en el trabajo de transporte de carga.

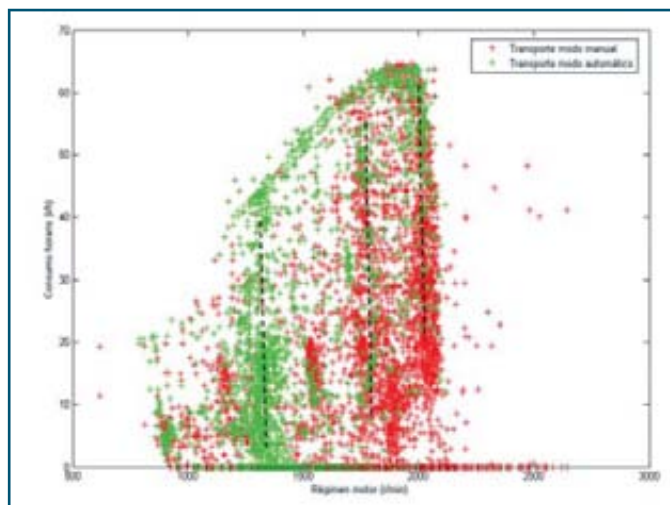
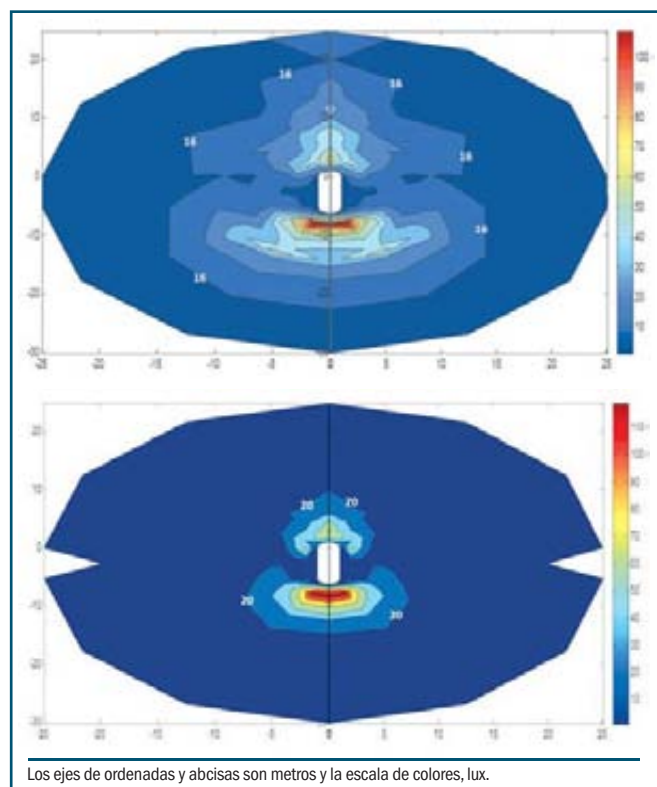


Figura 8

Mapa de iluminación para el tractor JD7290R con sistema led (arriba) y el tractor JD7R con sistema de iluminación convencional (abajo).



Los ejes de ordenadas y abcisas son metros y la escala de colores, lux.

lux. Con la nueva iluminación led se asegura una intensidad lumínica equivalente al alumbrado público, en una zona de unos 14 m alrededor del tractor.

Conclusiones

Como en otras ocasiones, aún no habiendo llevado al límite a un tractor tan poderoso como este John Deere 7290R, se ha verificado de nuevo que el trabajo en modo automático reporta beneficios en términos de ahorro de combustible. Es destacable el potencial que el manejo en modo personalizado brinda a aquellos operadores que conocen bien el

tractor y las condiciones en las que realizan las diferentes labores. Se permite así dar una vuelta de tuerca en el concepto de eficiencia energética.

Respecto a la reducción de emisiones a la que están obligados todos los vehículos agrícolas, este tractor mantiene la tecnología EGR por la que John Deere ha apostado en los últimos años.

Se trata de un tractor en el que las mejoras en la cabina redundan en un mayor confort de conducción, como los sistemas de suspensión, el aislamiento acústico y térmico, o la posibilidad de uso de dispositivos multimedia (mp3) a través de las conexiones USB disponibles.

El sistema de iluminación ha demostrado su ventaja respecto a la iluminación convencional: mantiene niveles adecuados de intensidad en una mayor y más homogénea área alrededor del tractor, lo que reduce en menor estrés para el operario, con un menor consumo eléctrico. Ello es importante especialmente en condiciones en las que hay que alargar las jornadas de trabajo, como es el caso de empresas de servicios y grandes explotaciones. ●